

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-136892

(43)公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 2 K 1/27

1/22

21/14

識別記号

5 0 1

F I

H 0 2 K 1/27

1/22

21/14

5 0 1 M

5 0 1 K

Z

M

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平9-314391

(22)出願日

平成9年(1997)10月30日

(71)出願人 000006611

株式会社富士通ゼネラル

神奈川県川崎市高津区末長1116番地

(72)発明者 成田 憲治

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 鈴木 孝史

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 奥寺 浩之

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(74)代理人 弁理士 大原 拓也

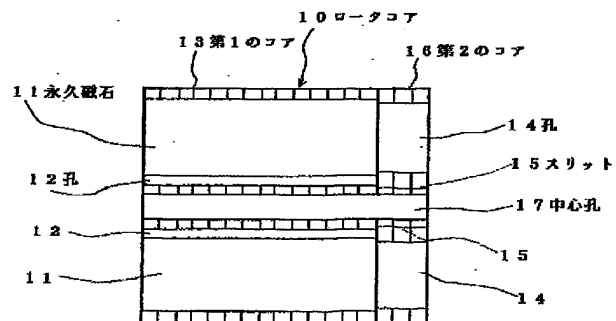
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石電動機

(57)【要約】

【課題】 永久磁石電動機において、リラクタンストルクを大きくし、高効率のモータを得る。

【解決手段】 インナーロータ型の永久磁石電動機において、ロータコア10を中心孔15の軸方向に2つのコア13、16に分け、この第1のコア13には永久磁石11を埋設するとともに、この永久磁石11のコア内径端部にフラックスバリア用の孔12を形成し、主にマグネットトルクを発生する。第2のコア16には永久磁石11の断面形状に含まれるフラックスバリア用の孔14を形成し、かつステータコアからの磁束の磁路に沿った形のスリット15を形成してd軸とq軸とのインダクタンスの差を大きくし、つまり大きいリラクタンストルクのみを発生する。また、永久磁石11の端部および第1のコア12と第2のコア14との接触面において、各孔12、14により磁束の短絡、漏洩を防止する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ロータコアを内部に有する永久磁石電動機において、前記ロータコアを中心孔の軸方向に複数のコアに分け、少なくとも該複数のコアのうち1つのコアに永久磁石を埋設し、他のコアに前記永久磁石の断面形状に含まれる孔およびd軸とq軸のインダクタンスの差を大きくするためのスリットを形成してなることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項2】 ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアを中心孔の軸方向に2つのコアに分け、一方のコア（第1のコア）には少なくとも前記永久磁石電動機の極数に合わせて永久磁石を埋設し、他方のコア（第2のコア）には前記永久磁石に相対して同永久磁石の断面形状に含まれるフラックスバリア用の孔を形成するとともに、d軸とq軸のインダクタンスの差を大きくするためのスリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿って形成してなることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項3】 前記第1のコアの永久磁石を断面長方形で半径方向に向け、かつ当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置して磁極の境界線上とし、かつ該永久磁石のコア内径側端部の間にフラックスバリア用の孔を形成し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形に含め、かつ前記スリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成した請求項2記載の永久磁石電動機。

【請求項4】 前記第1のコアの永久磁石を断面長方形で逆ハの字形に直角に配置して当該永久磁石の磁極を構成するとともに、該逆ハの字形で直角に配置した永久磁石の組を当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形に含め、かつ前記スリットを前記孔よりコア外径側に前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成した請求項2記載の永久磁石電動機。

【請求項5】 前記第1のコアの永久磁石を断面長方形でコア内径に沿って当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置し、かつ該永久磁石の両端部からコア外径方向に延びるフラックスバリア用の孔を形成し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形およびフラックスバリア用の孔の形状に含め、かつ前記スリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成した請求項2記載の永久磁石電動機。

【請求項6】 前記第1のコアの永久磁石に希土類磁石を使用した請求項2、3、4または5記載の永久磁石電動機。

【請求項7】 前記第1のコアおよび第2のコアは電磁

おり、前記第2のコアのスリットの孔については全てのコアを対象に打ち抜き、前記第1のコアの永久磁石の孔については必要なコアを対象に打ち抜き、該打ち抜いた電磁鋼板をプレス、積層した後前記永久磁石を埋設、着磁してなる請求項2、3、4、5または6記載の永久磁石電動機。

【請求項8】 前記コアをロータコアとして組み込んでDCブラシレスモータとした請求項1、2、3、4、5、6または7記載の永久磁石電動機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はコンプレッサ等に用いるインナーロータ型の永久磁石電動機に係り、特に詳しくはリラクタンストルクを有効利用して高効率化を図る永久磁石電動機に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】永久磁石電動機のインナーロータ構成は磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）に永久磁石を埋設しており、例えば図11や図12に示すものが提案されている。図11において、24スロットのステータコア1内のロータコア2には、当該永久磁石電動機の極数（例えば4極）分だけ断面長方形（板状）の永久磁石3が外径に沿ってコア円周方向に配置され、かつそれら隣接する永久磁石3の間に磁束の短絡、漏洩を防止するためのフラックスバリア4が形成されている。なお、5は中心孔（シャフト用）である。

【0003】ここで、永久磁石3による空隙部（ステータコア1の歯と永久磁石3との間）の磁束分布が正弦波状になっているものとする、永久磁石電動機のトルクTは $T = P_n \{ \Phi_a \cdot I_a \cdot \cos \beta - 0.5 (L_d - L_q) \cdot I^2 \cdot \sin 2\beta \}$ で表される。なお、Tは出力トルク、 $\Phi_a$ はd、q座標軸上の永久磁石による電機子鎖交磁束、 $L_d$ 、 $L_q$ はd、q軸インダクタンス、 $I_a$ はd、q座標軸上の電機子電流の振幅、 $\beta$ はd、q座標軸上の電機子電流のq軸からの進み角、 $P_n$ は極対数である。

【0004】前記数式において、第1項は永久磁石3によるマグネットトルクであり、第2の2項はd軸インダクタンスとg軸インダクタンスとの差によって生じるリラクタンストルクである。詳しくは、T. IEE Japan, Vol. 117-D, No 7, 1997の論文を参照されたい。また、図12に示すロータコア2は図11に示す永久磁石3と異なる形状の永久磁石6を有する構成になっているが、前記数式の適用は明かである。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記永久磁石電動機においては、d軸の磁路に透磁率の小さい永久磁石3、4がほぼ直角に介在するため、d軸インダクタンス $L_d$ がもともと小さく、q軸の磁路に比べて比較的大

から、q軸インダクタンス $L_q$ は $L_d$ と大差ない。このように、q軸インダクタンス $L_q$ が小さいことから、前記数式におけるパラメータのインダクタンス差( $L_d - L_q$ )の値が小さく、したがってリラクタンストルクが小さいという欠点がある。

【0006】この発明は前記課題に鑑みなされたものであり、その目的はd軸とq軸のインダクタンス差を大きくし、リラクタンストルクを大きくすることができ、高効率のモータを得ることができるようにした永久磁石電動機を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、この発明はロータコアを内部に有する永久磁石電動機において、前記ロータコアを中心孔の軸方向に複数のコアに分け、少なくとも該複数のコアのうち1つのコアに永久磁石を埋設し、他のコアに前記永久磁石の断面形状に含まれる孔およびd軸とq軸のインダクタンスの差を大きくするためのスリットを形成してなることを特徴としている。

【0008】この発明はステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアを中心孔の軸方向に2つのコアに分け、一方のコア(第1のコア)には少なくとも前記永久磁石電動機の極数に合わせて永久磁石を埋設し、他方のコア(第2のコア)には前記永久磁石に相対して同永久磁石の断面形状に含まれるフラックスバリア用の孔を形成するとともに、d軸とq軸のインダクタンスの差を大きくするためのスリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿って形成してなることを特徴としている。

【0009】この場合、前記第1のコアの永久磁石を断面長方形で半径方向に向け、かつ当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置して磁極の境界線上とし、かつ該永久磁石のコア内径側端部の間にフラックスバリア用の孔を形成し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形に含め、かつ前記スリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成するとよい。

【0010】前記第1のコアの永久磁石を断面長方形で逆ハの字形に直角に配置して当該永久磁石の磁極を構成するとともに、該逆ハの字形で直角に配置した永久磁石の組を当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形に含め、かつ前記スリットを前記孔よりコア外径側に前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成するとよい。

【0011】前記第1のコアの永久磁石を断面長方形でコア内径に沿って当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置し、かつ該永久磁石の両端部か

し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形およびフラックスバリア用の孔の形状に含め、かつ前記スリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成するとよい。また、前記第1のコアの永久磁石に希土類磁石を使用するとよい。

【0012】さらに、前記第1のコアおよび第2のコアは電磁鋼板をプレスによって打ち抜く自動積層方式で形成しており、前記第2のコアのスリットの孔については全てのコアを対象に打ち抜き、前記第1のコアの永久磁石の孔については必要なコアを対象に打ち抜き、該打ち抜いた電磁鋼板をプレス、積層した後前記永久磁石を埋設、着磁するとよい。さらにまた、前記コアをロータコアとして組み込んでDCブラシレスモータとするとよい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図1ないし図10を参照して詳しく説明する。この発明の永久磁石電動機は、永久磁石を有するコアと永久磁石を有しないコアとによりインナーコアを構成すれば、つまり主にマグネットトルクを発生するコアとリラクタンストルクを大きくするコアでインナーコアを構成すれば、モータの高効率化が可能であることに着目したものである。

【0014】そのため、図1ないし図3示すように、この永久磁石電動機のロータコア(磁石埋込型界磁鉄心)10は、断面長方形の永久磁石11を半径方向に向けて当該永久磁石電動機の極数(4極)分だけ等間隔に円周方向に配置して磁極を形成し(つまり永久磁石11を磁極の境界線上とし)、かつ永久磁石11のコア内径側端部の間にフラックスバリア用の孔12を形成してなる第1のコア(鉄心)13と、永久磁石を有せず、永久磁石11の断面形状に相対してフラックスバリア用の孔14および同孔14よりコア外径側にスリット15を形成した第2のコア(鉄心)16とからなる。なお、17は中心孔(シャフト用)である。また、第1のコア13はロータコア10の半分以上、つまり後述するコアを積層した長さ(全積層長)の半分以上とする。

【0015】したがって、第1のコア13の孔12は永久磁石11の磁束の短絡、漏洩を防止し、第2のコア16の孔14は第1のコア13と第2のコア16の接断面において永久磁石11の磁束の短絡、漏洩を防止するフラックスバリア機能を発揮する。また、図3および図4に示すように、第2のコア16のスリット15はステータコア18からの磁束の磁路に沿った形であり、d軸とq軸とのインダクタンス差を大きくする。

【0016】図4に示す永久磁石電動機の構成図について説明すると、24スロットのステータコア18は24スロットで、三相(U相、V相およびW相)の電機子巻線を有しているが、スロット数や電機子巻線数が異なっ

は、例えば外径側の巻線をU相、内径側の巻線をW相、その中間の巻線をV相としている。

【0017】次に、前記構成のロータコアについて説明すると、第1のコア14においては、永久磁石11を半径方向に向いた断面長方形としているが、例えば希土類磁石を材料とすることにより必要な磁束密度を十分発生させることができ、つまり必要なマグネットトルクを発生させることができる。また、図2の曲線の実線矢印に示すように、ステータコア18からの磁束の磁路に対して永久磁石の介在しない領域が存在するため、q軸インダクタンスが大きく、これによりd軸とq軸のインダクタンスの差が大きく、リラクタンストルクの発生を見ることができ

【0018】第2のコア16においては、永久磁石を有しないため、マグネットトルクの発生はないが、スリット15によりd軸インダクタンスが極めて小さくなる一方、大きいq軸インダクタンスに対する影響が小さいため、前述したようにd軸とq軸のインダクタンスの差

( $L_q - L_d$ )を大きく、つまり大きいリラクタンストルクを発生させることができる。さらに、前述したように、第1のコア13の孔12より永久磁石11のコア内径側端部における磁束の短絡、漏洩を防止し、また第2のコア16の孔14により永久磁石11の上面端部における磁束の短絡、漏洩を防止するため、磁束密度の誤差を防止することができる。

【0019】このように、主としてマグネットトルクを第1のコア12で発生し、リラクタンストルクのみを第2のコア17で発生している。したがって、第1のコア13ではリラクタンストルクを考慮せず、マグネットトルクが極力大きくなるように永久磁石11の大きさを決めることができ、また第2のコア14ではリラクタンストルクが最大になるようにスリット15を決めることができるため、高効率のモータを得ることができる。また、第2のコア16においてリラクタンストルクを大きくすることができるため、第1のコア13の永久磁石11の材料として、例えば高価な希土類磁石を用いた場合その希土類磁石の量を多くせずに済み(永久磁石11を大きくせずに済み)、低コストのモータを実現することができる。

【0020】ところで、ロータコア10の製造においては、コアプレス金型を用いて自動プレスで電磁鋼板を打ち抜き、金型内でかきしめて第1および第2のコア13、16を一体的に形成するコア積層方式(自動積層方式)を採用する。このプレス加工工程では、第1のコア13を打ち抜くとき、少なくとも第2のコア16のスリット15に相当する孔を打ち抜かず、第2のコア16を打ち抜くとき、第1のコア13の永久磁石11の孔および孔12を打ち抜かない。例えば、第1のコア13の永久磁石11の孔および孔12は必要とするコアのみを対象に

象に打ち抜かれるとともに、第2のコア16のスリット15は必要とするコアのみを対象に打ち抜かれる。そして、自動的にプレス、積層されたコアをかきしめた後、永久磁石11の孔に希土類磁石等の永久磁石11を収納して蓋をし、かつ永久磁石11を着磁する。

【0021】このように、既に利用されている自動積層方式によってロータコア10を製造することができることから、製造能率を落とすことなく、つまりコスト的には従来と変わらず、コストアップにならずに済む。また、前述により形成されるロータコア10を組み込んでDCブラシレスモータとし、空気調和機の圧縮機モータ等として利用すれば、コストをアップすることなく、空気調和機の性能アップ(運転効率の上昇、振動や騒音の低下)を図ることができる。

【0022】図5に示すように、第1のコア13の各磁極を2つの永久磁石19a、19bで構成してもよく、これは図2に示す永久磁石11をコア半径方向に分割した形である。つまり、前実施の形態の永久磁石11は隣接磁極の共有の形を採っているが、この実施の形態では各磁極を2つの永久磁石19a、19bの組で構成している。したがって、永久磁石19a、19bは断面長方形で、逆ハの字形に直角をないして配置され、この永久磁石19a、19bを等間隔で4組配置して当該磁極(4極)を形成している。

【0023】一方、図6および図7に示すように、永久磁石を有しない第2のコア16には前実施の形態と同様に永久磁石19a、19bの断面形状に含まれる孔20a、20bを形成し、かつ孔20a、20bの内側でコア外径側にステータコア18からの磁束の磁路に沿った形のスリット21を形成する。なお、図5ないし図7中、図2ないし図4と同一部分、相当する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この実施の形態では、前実施の形態と同様に、第1のコア13においては主にマグネットトルクを発生し、第2のコア16においてはリラクタンストルクのみを発生するため、前実施の形態で説明した効果と同様の効果を奏し、またコア製造にあっても前実施の形態同様の作用、効果を奏し、さらにこのロータコアをDCブラシレスモータに用いれば前実施の形態同様の効果を奏することが明らかである。

【0024】また、図8に示すように、第1のコア13の磁極を永久磁石22で構成してもよく、この永久磁石22は断面長方形でコア内径(中心孔17の円周)に沿って等間隔に極数(4極)分だけ配置される。永久磁石22の両端部にはコア外径方向に延びる孔23a、23b、つまりフラックスバリア用の孔を形成する。一方、図9および図10に示すように、永久磁石を有しない第2のコア16には、永久磁石22および孔23a、23bの形状に含まれる孔24を形成し、孔24よりコア外径側にステータコア18からの磁束の磁路に沿った形の

図2ないし図4と同一部分、相当する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。この場合、孔24の形状としては、永久磁石22と孔23a、23bとの接面部分(鈍角部分)を曲線に丸めてもよい。また、孔24は一体でなくともよく、例えば永久磁石22、孔23aおよび孔23bに相対して3つの孔としてもよい。

【0025】この実施の形態では、前述した実施の形態と同様に、第1のコア13においては主にマグネットトルクを発生し、第2のコア16においてはリラクタンストルクのみを発生するため、前実施の形態で説明した効果と同様の効果を奏するが、第1のコア13における永久磁石22がコア内径側であることから、第1のコア13におけるリラクタンストルクをより大きくすることが可能である。また、コア製造にあっても前実施の形態同様の作用、効果を奏し、さらにこのロータコアをDCブラシレスモータに用いれば前実施の形態同様の効果を奏することが明かである。

【0026】さらにまた、前述した実施の形態の第1のコア13の永久磁石11、19a、19b、22は全て断面長方形であり、つまり曲線部分がないため、低コストの直線加工(研磨)で永久磁石11、19a、19b、22を得ることができる。なお、前述した実施の形態では、当該永久磁石電動機の極数を4極とした例で説明したが、他の極数の場合、同極数に応じた永久磁石を用いれば、前述した効果を得ることができることは明かである。

#### 【0027】

【発明の効果】以上説明したように、この永久磁石電動機の請求項1記載の発明によると、ロータコアを内部に有する永久磁石電動機において、前記ロータコアを中心孔の軸方向に複数のコアに分け、少なくともこの複数のコアのうち1つのコアに永久磁石を埋設し、他のコアに前記永久磁石の断面形状に含まれる孔およびd軸とq軸のインダクタンスの差を大きくするためのスリットを形成したので、他のコアにおいてリラクタンストルクのみを発生し、かつそのリラクタンストルクを大きくすることができ、高効率のモータを得ることができるという効果がある。

【0028】請求項2記載の発明によると、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアを中心孔の軸方向に2つのコアに分け、一方のコア(第1のコア)には少なくとも前記永久磁石電動機の極数に合わせて永久磁石を埋設し、他方のコア(第2のコア)には前記永久磁石に相対して同永久磁石の断面形状に含まれるフラックスバリア用の孔を形成するとともに、d軸とq軸のインダクタンスの差を大きくするためのスリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿って形成したので、第1のコアにおいては主としてマグネットトルクを従来

ルックのみを発生させることができ、しかもそのリラクタンスを大きくすることができ、高効率のモータを得ることができるという効果がある。

【0029】請求項3記載の発明によると、請求項2において第1のコアの永久磁石を断面長方形で半径方向に向け、かつ当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置して磁極の境界線上とし、かつこの永久磁石のコア内径側端部の間にフラックスバリア用の孔を形成し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形に含め、かつ前記スリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成したので、請求項2の効果に加え、永久磁石の磁束の短絡、漏洩を端部および第1のコアと第2のコアとの接触面で防止することができるとともに、磁束密度の誤差を防止することができ、ひいてはモータの品質向上が図れるという効果がある。また、第1のコアにおいてステータコアからの磁束の磁路に永久磁石の介在しない領域が生じることから、リラクタンストルクの発生が期待できるという効果がある。

【0030】請求項4記載の発明によると、請求項2において第1のコアの永久磁石を断面長方形で逆ハの字形に直角に配置して当該永久磁石の磁極を構成するとともに、この逆ハの字形で直角に配置した永久磁石の組を当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形に含め、かつ前記スリットを前記孔よりコア外径側に前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成したので、請求項2の効果に加え、請求項3と同様の効果を奏する。

【0031】請求項5記載の発明によると、請求項2において前記第1のコアの永久磁石を断面長方形でコア内径に沿って当該永久磁石電動機の極数分だけ等間隔にコア円周方向に配置し、かつ該永久磁石の両端部からコア外径方向に延びるフラックスバリア用の孔を形成し、前記第2のコアのフラックスバリア用の孔を前記永久磁石の断面長方形およびフラックスバリア用の孔の形状に含め、かつ前記スリットを前記ステータコアからの磁束の磁路に沿った形に形成したので、請求項2の効果に加え、請求項3または4と同様の効果を奏し、しかも第1のコアにおいてより大きいリラクタンストルクの発生が期待できることから、リラクタンストルクの大きいモータが得られる。

【0032】請求項6記載の発明によると、請求項2、3、4または5における第1のコアの永久磁石に希土類磁石を使用したので、請求項2、3、4または5の効果に加え、リラクタンストルクが大きい分、希土類磁石の量を多くせずに済み(使用量を抑えることができ)、低コストのモータの実現が可能となる。

【0033】請求項7記載の発明によると、請求項2、

アは電磁鋼板をプレスによって打ち抜く自動積層方式で形成しており、前記第2のコアのスリットの孔については全てのコアを対象に打ち抜き、前記第1のコアの永久磁石の孔については必要なコアを対象に打ち抜き、該打ち抜いた電磁鋼板をプレス、積層した後前記永久磁石を埋設、着磁してなるので、請求項2, 3, 4, 5または6の効果に加え、製造能率を落とすことなく、つまりコスト的には従来と変わらず、コストアップにならずに済むという効果がある。

【0034】請求項8記載の発明によると、請求項1, 2, 3, 4, 5, 6または7におけるコアをロータコアとして組み込んでDCブラシレスモータとしたので、請求項1, 2, 3, 4, 5, 6または7の効果に加え、そのDCブラシレスモータを空気調和機等のコンプレッサ等に用いれば、コストをアップすることなく、空気調和機等の機器の性能アップ（運転効率の上昇、振動や騒音の低下）を図ることができるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態を示す永久磁石電動機のロータコアの概略的縦断面図。

【図2】図1に示すロータコアを構成する第1のコアの概略的平面図。

【図3】図1に示すロータコアを構成する第2のコアの概略的平面図。

【図4】図1に示すロータコアを有する永久磁石電動機の概略的平面図。

【図5】この発明の他の実施の形態を示すロータコアを構成する第1のコアの概略的平面図。

【図6】図5に示す第1のコアと組み合わせてロータコアを構成する第2のコアの概略的縦断面図。

【図7】図5および図6によるロータコアを有する永久磁石電動機の概略的平面図。

【図8】この発明の他の実施の形態を示すロータコアを構成する第1のコアの概略的平面図。

【図9】図8に示す第1のコアと組み合わせてロータコアを構成する第2のコアの概略的縦断面図。

【図10】図8および図9によるロータコアを有する永久磁石電動機の概略的平面図。

【図11】従来の永久磁石電動機ロータの概略的平面図。

【図12】従来の永久磁石電動機ロータの概略的平面図。

#### 【符号の説明】

10 ロータコア（磁石埋込型界磁鉄心）

11, 19a, 19b, 22 永久磁石（希土類磁石）

12, 14, 20a, 20b, 23a, 23b, 24 孔（フラックスバリア用）

13 第1のコア

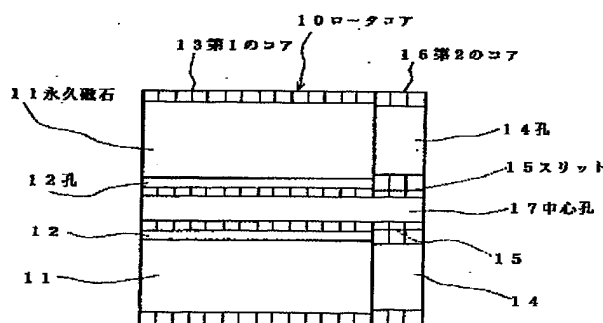
15, 21, 25 スリット

16 第2のコア

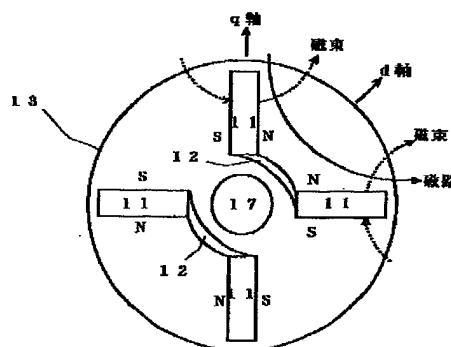
17 中心孔（シャフト用）

18 ステータコア

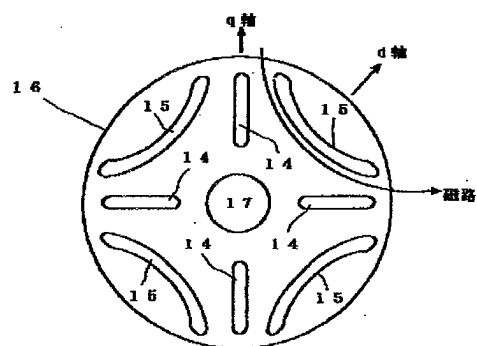
【図1】



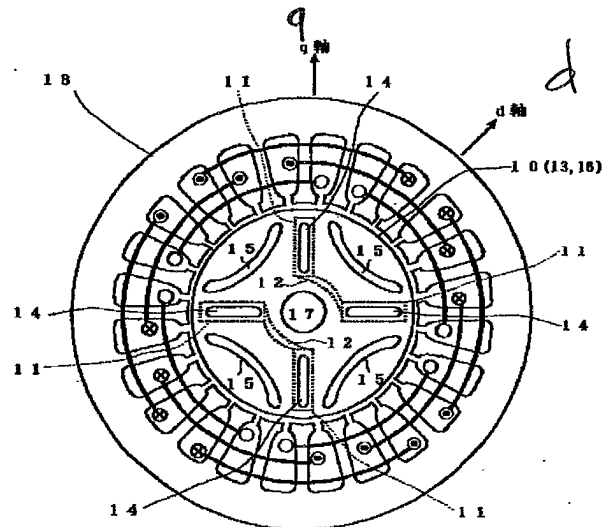
【図2】



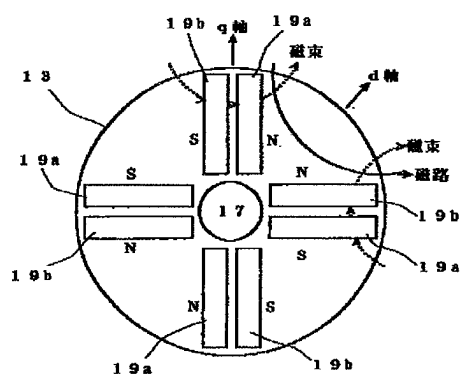
【図3】



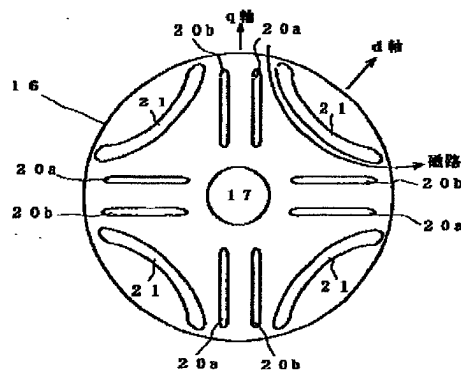
【図4】



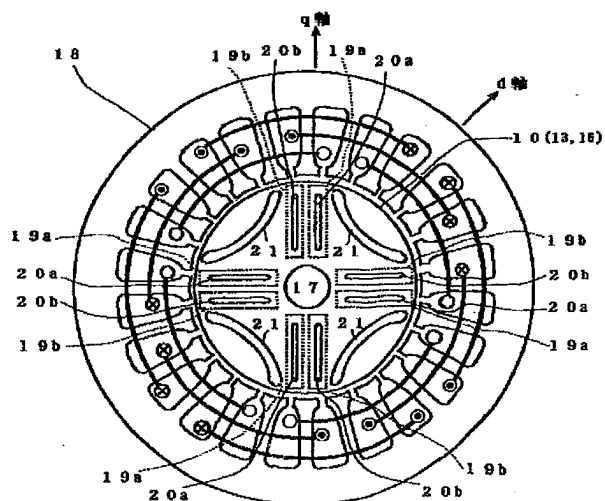
【図5】



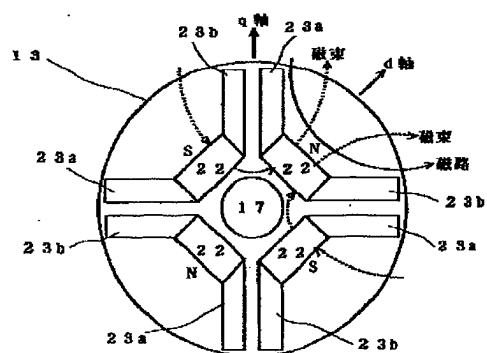
【図6】



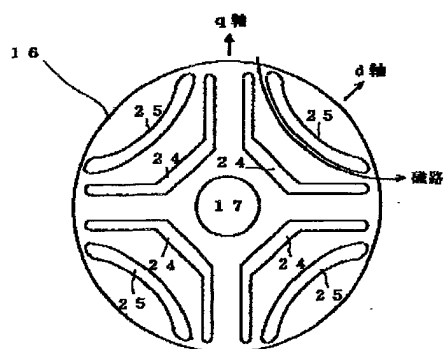
【図7】



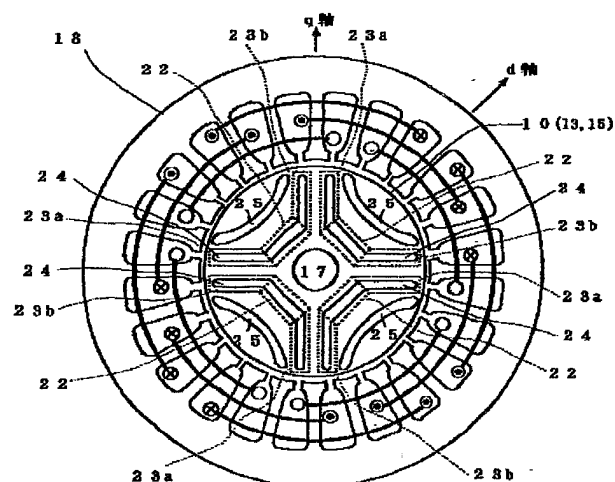
【図8】



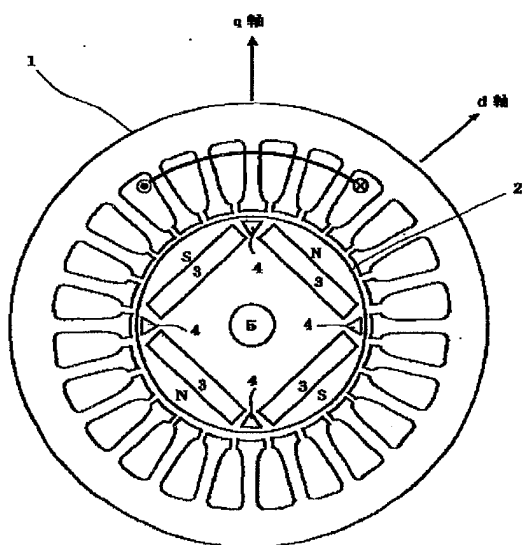
【図9】



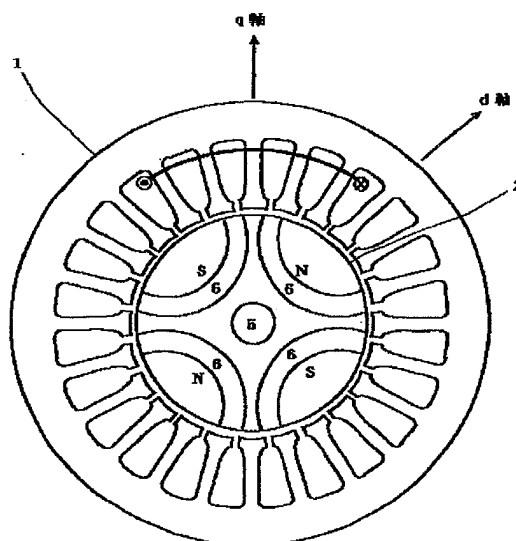
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 河合 裕司  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 相馬 裕治  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 河西 宏治  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 福田 好史  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-136892

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl.

H02K 1/27  
H02K 1/22  
H02K 21/14

(21)Application number : 09-314391

(71)Applicant : FUJITSU GENERAL LTD

(22)Date of filing : 30.10.1997

(72)Inventor : NARITA KENJI

SUZUKI TAKASHI

OKUDERA HIROYUKI

KAWAI YUJI

SOMA YUJI

KASAI KOJI

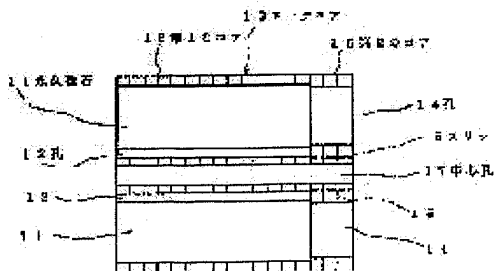
FUKUDA YOSHIFUMI

## (54) PERMANENT MAGNET MOTOR

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain a high efficiency motor by increasing reluctance torque in a permanent magnet motor.

SOLUTION: An inner rotor permanent magnet motor generates mainly magnet torque by dividing a rotor core 10 into two cores 13, 16 in the axial direction of a central hole 15, embedding a permanent magnet 11 in the first core 13, and forming a hole 12 for flux barrier at the core inner-diametrical end of the permanent magnet 11. At the second core 16, a hole 14 for flux barrier is formed which is included in the cross-sectional shape of the permanent magnet 11, and a slit 15 is formed whose shape runs along the magnetic path of magnetic flux from a stator core, so that inductance difference between the d-axis and the q-axis is increased, that is, only large reluctance torque is generated. It is possible to prevent the occurrence of short-circuit or leakage of the magnetic flux by the



respective holes 12, 14, at the end part of the permanent magnet 11 and a contact surface between the first core 12 and the second core 14.

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the inner rotor type permanent-magnetic motor used for a compressor etc., and it is related with the permanent-magnetic motor which carries out the deployment of the reluctance torque in detail, and attains efficient-ization especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] What the inner rotor configuration of a permanent-magnetic motor is laying the permanent magnet under the magnet flush-type field core (rotor core), for example, is shown in drawing 11 or the drawing 12 is proposed. In drawing 11, the permanent magnet 3 of a cross-section rectangle (tabular) is arranged along with an outer diameter at a core circumferencial direction by the number (for example, 4 very) of poles of the concerned permanent-magnetic motor, and the flux barrier 4 for preventing the shunt of magnetic flux and a leakage is formed between the permanent magnets 3 which they-adjoin at the rotor core 2 in the stator core 1 of 24 slots. In addition, 5 is a feed hole (for shafts).

[0003] Here, when the magnetic-flux distribution of the opening section (between the gear tooth of a stator core 1 and the permanent magnets 3) by the permanent magnet 3 shall have become sine wave-like, torque  $T$  of a permanent-magnetic motor is expressed with  $T = Pn\{\phi_{ia}, \text{ and } \cos\beta - 0.5(L_d - L_q), I_2, \text{ and } \sin 2\beta\}$ . In addition, for the armature flux linkage according [ an output torque and  $\phi_{ia}$  ] to the permanent magnet on  $d$  and  $q$  axis of coordinates in  $T$ , and  $L_d$  and  $L_q$ ,  $d$ ,  $q$  shaft inductance, and  $I_a$  are [  $d$ , the angle of lead from  $q$  shaft of the armature current on  $q$  axis of coordinates, and  $Pn$  of the amplitude of the armature current on  $d$  and  $q$  axis of coordinates and  $\beta$  ] the numbers of pole pairs.

[0004] In the aforementioned formula, the 1st term is the magnet torque by the permanent magnet 3, and the 2nd two term is reluctance torque produced according to the difference of  $d$  shaft inductance and  $q$  shaft inductance. In detail, it is  $T.IEE$ . Please refer to the paper of Japan, Vol.117-D, and No 7 and 1997. Moreover, although the rotor core 2 shown in drawing 12 is the configuration of having the permanent magnet 6 of the configuration different from the permanent magnet 3 shown in drawing 11, an application of the aforementioned formula is in dawn.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the aforementioned permanent-magnetic motor, since it is placed between the magnetic paths of  $d$  shaft by the parvus permanent magnets 3 and 4 of permeability almost right-angled, since the comparatively large permanent magnets 3 and 4 are embedded along with the magnetic path compared with the magnetic path of  $q$  shaft,  $q$  shaft inductance  $L_q$  is as practically equal [  $d$  shaft inductance  $L_d$  is small from the first and ] as  $L_d$ . Thus, since  $q$  shaft inductance  $L_q$  is small, the value of the inductance difference ( $L_d - L_q$ ) of the parameter in the aforementioned formula is small, therefore there is a fault of the parvus in reluctance torque.

[0006] This invention is made in view of the aforementioned technical problem, the purpose can enlarge the inductance difference of  $d$  shaft and  $q$  shaft, reluctance torque can be enlarged, and it is in offering the permanent-magnetic motor which enabled it to obtain an efficient motor.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the aforementioned purpose, it is characterized by this invention coming to form the slit for enlarging the difference of the inductance of the hole and  $d$  shaft which divide the aforementioned rotor core into two or more cores at the shaft orientations of a feed hole, lay a permanent magnet under the one core among two or more of these cores at least in the permanent-magnetic motor which has a rotor core inside, and are included in the cross-section configuration of the aforementioned permanent magnet at other cores, and  $q$  shaft.

[0008] In the permanent-magnetic motor with which this invention comes to arrange a magnet flush-type field core (rotor core) in a stator core Divide the aforementioned rotor core into the shaft orientations of a feed hole at two cores, double with one core (the 1st core) at least at the number of poles of the aforementioned permanent-magnetic motor, and a permanent magnet is laid underground.

While the hole for flux barrier which faces the core (the 2nd core) of another side at the aforementioned permanent magnet, and is contained in the cross-section configuration of this permanent magnet is formed. It is characterized by coming to form the slit for enlarging the difference of the inductance of d shaft and q shaft along with the magnetic path of the magnetic flux from the aforementioned stator core. [0009] In this case, the permanent magnet of the 1st aforementioned core is turned to radial in a cross-section rectangle. And arrange to a core circumferencial direction at equal intervals by the number of poles of the concerned permanent-magnetic motor, and it considers as the boundary line top of a magnetic pole. And it is good to form the hole for flux barrier between the diameter side edge sections of incore of this permanent magnet, and to include the hole for the \*\*\*\*\* barrier of the 2nd aforementioned core in the cross-section rectangle of the aforementioned permanent magnet, and to form the aforementioned slit in the type where the magnetic path of the magnetic flux from the aforementioned stator core was met.

[0010] While the permanent magnet of the 1st aforementioned core is arranged right-angled to the typeface of reverse \*\* in a cross-section rectangle and the magnetic pole of the concerned permanent magnet is constituted. The group of the permanent magnet arranged right-angled by the typeface of this reverse \*\* is arranged to a core circumferencial direction at equal intervals by the number of poles of the concerned permanent-magnetic motor. the hole for the flux barrier of the 2nd aforementioned core -- the cross-section rectangle of the aforementioned permanent magnet -- including -- and the aforementioned slit -- the above -- it is better than a hole to form in the type where the core outer-diameter side was met at the magnetic path of the magnetic flux from the aforementioned stator core.

[0011] The permanent magnet of the 1st aforementioned core is arranged to a core circumferencial direction at equal intervals by the number of poles of the concerned permanent-magnetic motor along with the diameter of incore in a cross-section rectangle. And the hole for flux barrier prolonged in the core outer-diameter orientation from the both ends of this permanent magnet is formed. It is good to include the hole for the flux barrier of the 2nd aforementioned core in the cross-section rectangle of the aforementioned permanent magnet and the configuration of the hole for flux barrier, and to form the aforementioned slit in the type where the magnetic path of the magnetic flux from the aforementioned stator core was met. Moreover, it is good to use a rare earth permanent magnet for the permanent magnet of the 1st aforementioned core.

[0012] Furthermore, as for the 1st aforementioned core and the 2nd core, it is good to form by the automatic laminating method which pierces a magnetic steel sheet with a press, to pierce for all cores about the hole of the slit of the 2nd aforementioned core, to pierce for a core required about the hole of the permanent magnet of the 1st aforementioned core, to lay underground a press and the account permanent magnet of back to front which carried out the laminating, and to magnetize this \*\*\*\*\* magnetic steel sheet. It is good to incorporate the aforementioned core as a rotor core and to consider as DC brushless motor further again.

[0013] [Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of this invention is explained in detail with reference to the drawing 1 or the drawing 10. If the core which has a permanent magnet, and the core which does not have a permanent magnet constitute an inner core (i.e., if the permanent-magnetic motor of this invention constitutes an inner core from a core which mainly generates magnet torque, and a core which enlarges reluctance torque), it will be made possible [ efficient-izing of a motor ] at view.

[0014] So that there may be no drawing 1 and it may be shown drawing 3 therefore, the rotor core (magnet flush-type field core) 10 of this permanent-magnetic motor. Turn the permanent magnet 11 of a cross-section rectangle to radial, arrange to a circumferencial direction at equal intervals by the number (4 very) of poles of the concerned permanent-magnetic motor, and a magnetic pole is formed (getting it blocked and making a permanent magnet 11 into the boundary line top of a magnetic pole). And the 1st core 13 which comes to form the hole 12 for flux barrier between the diameter side edge sections of incore of a permanent magnet 11 (iron core), a permanent magnet -- not having -- the cross-section configuration of a permanent magnet 11 -- facing -- the hole 14 for flux barrier -- and -- said -- it

consists of the 2nd core (iron core) 16 which formed the slit 15 in the core outer-diameter side from the hole 14. In addition, 17 is a feed hole (for shafts). Moreover, the 1st core 13 is carried out to more than the half of the length (all laminating length) which carried out the laminating of the core which, that is, the rotor core 10 mentions later. [ half ]

[0015] Therefore, the hole 12 of the 1st core 13 prevents the shunt of the magnetic flux of a permanent magnet 11, and a leakage, and the hole 14 of the 2nd core 16 demonstrates the flux barrier function to prevent the shunt of the magnetic flux of a permanent magnet 11, and a leakage in the contact surface of the 1st core 13 and the 2nd core 16. Moreover, as shown in the drawing 3 and the drawing 4, the slit 15 of the 2nd core 16 is the type where the magnetic path of the magnetic flux from a stator core 18 was met, and enlarges the inductance difference of d shaft and q shaft.

[0016] If the block diagram of the permanent-magnetic motor shown in drawing 4 is explained, although the stator cores 18 of 24 slots are 24 slots and it has the armature winding of a three phase (U phase, V phase, and W phase), the number of slots may differ from the number of armature windings. In addition, the armature winding of a stator core 18 makes W phase the coil by the side of U phase and a bore, and makes the middle coil V phase for the coil for example, by the side of an outer diameter.

[0017] Next, if the rotor core of the aforementioned configuration is explained, although the permanent magnet 11 is made into the cross-section rectangle suitable for radial in the 1st core 14, by making a rare earth permanent magnet into a material, for example, required flux density can be generated enough, that is, required magnet torque can be generated. Moreover, since the field between which it is not placed by the permanent magnet to the magnetic path of the magnetic flux from a stator core 18 exists as shown in the solid-line arrow head of the curve of drawing 2, q shaft inductance is large, the difference of the inductance of d shaft and q shaft is large by this, and occurrence of reluctance torque can be seen.

[0018] In the 2nd core 16, since it does not have a permanent magnet, although there is no occurrence of magnet torque, while d shaft inductance becomes very small by the slit 15, as the influence to large q shaft inductance mentioned above for the parvus reason, large reluctance torque can be generated for the difference ( $L_q - L_d$ ) of the inductance of d shaft and q shaft greatly that is,. Furthermore, since the shunt of magnetic flux in the diameter side edge section of incore of a permanent magnet 11 and a leakage are prevented from the hole 12 of the 1st core 13 and the shunt of magnetic flux in the top edge of a permanent magnet 11 and a leakage are prevented by the hole 14 of the 2nd core 16 as mentioned above, the error of flux density can be prevented.

[0019] Thus, magnet torque is mainly generated with the 1st core 12, and only reluctance torque is generated with the 2nd core 17. Therefore, with the 1st core 13, since the size of a permanent magnet 11 can be decided that magnet torque becomes large as much as possible regardless of reluctance torque and a slit 15 can be decided that reluctance torque becomes the maximum with the 2nd core 14, an efficient motor can be obtained. Moreover, since reluctance torque can be enlarged in the 2nd core 16, when it considers as the material of the permanent magnet 1 of the 1st core 13, for example, an expensive rare earth permanent magnet is used, it is not necessary to make [ many ] the amount of the rare earth permanent magnet (not enlarging a permanent magnet 11), and the motor of a low cost can be realized.

[0020] by the way, a manufacture of the rotor core 10 -- setting -- a core press -- metal mold -- using -- an automatic press -- a magnetic steel sheet -- piercing -- metal mold -- the core laminating method (automatic laminating method) which forms the 1st and 2nd cores 13 and 16 in one in total inside is adopted. At this press-working-of-sheet-metal process, when the hole which is equivalent to the slit 15 of the 2nd core 16 at least when piercing the 1st core 13 is not pierced but the 2nd core 16 is pierced, the 1st hole and hole 12 of a permanent magnet 11 of a core 13 are not pierced. For example, while the 1st hole and hole 12 of a permanent magnet 11 of a core 13 are pierced only for the core to need and the hole 14 of the 2nd core 16 is pierced for all cores, the slit 15 of the 2nd core 16 is pierced only for the core to need. And after closing automatically a press and the core by which the laminating was carried out, the permanent magnets 11, such as a rare earth permanent magnet, are contained to the hole of a permanent magnet 11, and a lid is carried out, and a permanent magnet 11 is magnetized.

[0021] Thus, it is not necessary to change with the former in cost and to become a cost rise, without

[ that is, ] dropping a manufacture efficiency, since the rotor core 10 can be manufactured with the automatic laminating method already used. Moreover, a performance rise (elevation of operation luminous efficacy, vibration and a fall of an ambient noise) of an air conditioner can be aimed at, without raising a cost, if the rotor core 10 formed of the above-mentioned is incorporated, it considers as DC brushless motor and it uses as a compressor motor of an air conditioner etc.

[0022] As shown in drawing 5 , each magnetic pole of the 1st core 13 may be constituted from two permanent magnets 19a and 19b, and this is the type where the permanent magnet 11 shown in drawing 2 was divided into the core radial. That is, although the permanent magnet 11 of the gestalt of pre-operation has taken the shared type of a contiguity magnetic pole, the gestalt of this operation constitutes each magnetic pole from the group of two permanent magnets 19a and 19b. Therefore, permanent magnets 19a and 19b are cross-section rectangles, they are and make a right angle the typeface of reverse \*\*, are arranged at it, arrange 4 sets of these permanent magnets 19a and 19b at equal intervals, and form the concerned magnetic pole (4 very).

[0023] On the other hand, as shown in the drawing 6 and the drawing 7 , the formal slit 21 which formed the holes 20a and 20b contained in the cross-section configuration of permanent magnets 19a and 19b like the gestalt of pre-operation in the 2nd core 16 which does not have a permanent magnet, and met the core outer-diameter side by the inside of holes 20a and 20b at the magnetic path of the magnetic flux from a stator core 18 is formed. In addition, among the drawing 5 or the drawing 7 , the same sign is given to the same fraction as the drawing 2 or the drawing 4 , and a corresponding fraction, and a duplication explanation is omitted. In order to mainly generate magnet torque in the 1st core 13 and to generate only reluctance torque in the 2nd core 16 like the gestalt of pre-operation with the gestalt of this operation, If the same operation as the gestalt of pre-operation and an effect are done so and this rotor core is further used for DC brushless motor even if it does so the effect explained with the gestalt of pre-operation, and the same effect and it is in a core manufacture, it is clear to do so the same effect as the gestalt of pre-operation.

[0024] Moreover, as shown in drawing 8 , the magnetic pole of the 1st core 13 may be constituted from a permanent magnet 22, and this permanent magnet 22 is arranged by the number (4 very) of poles at equal intervals along with the diameter (periphery of a feed hole 17) of incore in a cross-section rectangle. The holes 23a and 23b prolonged in the core outer-diameter orientation, i.e., the hole for flux barrier, are formed in the both ends of a permanent magnet 22. On the other hand, as shown in the drawing 9 and the drawing 10 , the hole 24 contained in the configuration of the permanent magnet 22 and the holes 23a and 23b is formed in the 2nd core 16 which does not have a permanent magnet, and the formal slit 25 which met the core outer-diameter side from the hole 24 at the magnetic path of the magnetic flux from a stator core 18 is formed in it. In addition, among the drawing 8 or the drawing 10 , the same sign is given to the same fraction as the drawing 2 or the drawing 4 , and a corresponding fraction, and a duplication explanation is omitted. In this case, as a configuration of a hole 24, you may round off the plane-of-composition fraction (obtuse angle fraction) of a permanent magnet 22 and the holes 23a and 23b on a curve. moreover, the hole 24 -- one -- it is not necessary to be -- for example, a permanent magnet 22 and a hole -- 23a and a hole -- 23b is faced and it is good also as three holes

[0025] Although the effect explained with the gestalt of pre-operation and the same effect are done so with the gestalt of this operation in order to mainly generate magnet torque in the 1st core 13 and to generate only reluctance torque in the 2nd core 16 like the gestalt of operation mentioned above Since the permanent magnet 22 in the 1st core 13 is a diameter side of incore, it is possible to enlarge reluctance torque in the 1st core 13 more. Moreover, if the same operation as the gestalt of pre-operation and an effect are done so and this rotor core is further used for DC brushless motor even if it is in a core manufacture, it is clear to do so the same effect as the gestalt of pre-operation.

[0026] Further again, the permanent magnets 11, 19a, 19b, and 22 of the 1st core 13 of the gestalt of operation mentioned above are cross-section rectangles altogether, that is, since there is no curvilinear fraction, they can obtain permanent magnets 11, 19a, 19b, and 22 by straight-line manipulation (polishing) of a low cost. In addition, although the example which made four poles the number of poles of the concerned permanent-magnetic motor explained with the gestalt of operation mentioned above, if

the permanent magnet according to the number of like poles is used in the case of other numbers of poles, it is in dawn that the effect mentioned above can be acquired.

[0027]

[Effect of the Invention] In the permanent-magnetic motor which has a rotor core inside according to invention of this permanent-magnetic motor according to claim 1 as explained above Divide the aforementioned rotor core into two or more cores at the shaft orientations of a feed hole, and a permanent magnet is laid under the one core among two or more of these cores at least. Since the slit for enlarging the difference of the inductance of the hole and d shaft which are included in the cross-section configuration of the aforementioned permanent magnet, and q shaft was formed in other cores Only reluctance torque is generated in other cores, and the reluctance torque can be enlarged, and it is effective in the ability to obtain an efficient motor.

[0028] In the permanent-magnetic motor which comes to arrange a magnet flush-type field core (rotor core) in a stator core according to invention according to claim 2 Divide the aforementioned rotor core into the shaft orientations of a feed hole at two cores, double with one core (the 1st core) at least at the number of poles of the aforementioned permanent-magnetic motor, and a permanent magnet is laid underground. While the hole for flux barrier which faces the core (the 2nd core) of another side at the aforementioned permanent magnet, and is contained in the cross-section configuration of this permanent magnet is formed Since the slit for enlarging the difference of the inductance of d shaft and q shaft was formed along with the magnetic path of the magnetic flux from the aforementioned stator core In the 1st core, magnet torque can mainly be generated like the former, only reluctance torque can be generated in the 2nd core, moreover the reluctance can be enlarged, and it is effective in the ability to obtain an efficient motor.

[0029] According to invention according to claim 3, in a claim 2, the permanent magnet of the 1st core is turned to radial in a cross-section rectangle. And arrange to a core circumferencial direction at equal intervals by the number of poles of the concerned permanent-magnetic motor, and it considers as the boundary line top of a magnetic pole. And the hole for flux barrier is formed between the diameter side edge sections of incore of this permanent magnet. Since it formed in the type where included the hole for the \*\*\*\*\* barrier of the 2nd aforementioned core in the cross-section rectangle of the aforementioned permanent magnet, and the magnetic path of the magnetic flux from the aforementioned stator core was met in the aforementioned slit While the shunt of the magnetic flux of a permanent magnet and a leakage can be prevented by the contact surface of an edge and the 1st core, and the 2nd core in addition to the effect of a claim 2, the error of flux density can be prevented, as a result it is effective in the ability to plan the upgrading of a motor. Moreover, since the field where it is not placed between the magnetic paths of the magnetic flux from a stator core by the permanent magnet in the 1st core is generated, it is effective in occurrence of reluctance torque being expectable.

[0030] While according to invention according to claim 4 the permanent magnet of the 1st core is arranged right-angled to the typeface of reverse \*\* in a cross-section rectangle in a claim 2 and the magnetic pole of the concerned permanent magnet is constituted The group of the permanent magnet arranged right-angled by the typeface of this reverse \*\* is arranged to a core circumferencial direction at equal intervals by the number of poles of the concerned permanent-magnetic motor. the hole for the flux barrier of the 2nd aforementioned core -- the cross-section rectangle of the aforementioned permanent magnet -- including -- and the aforementioned slit -- the above -- since it formed in the type where the core outer-diameter side was met from the hole at the magnetic path of the magnetic flux from the aforementioned stator core, in addition to the effect of a claim 2, the same effect as a claim 3 is done so

[0031] According to invention according to claim 5, in a claim 2, the permanent magnet of the 1st aforementioned core is arranged to a core circumferencial direction at equal intervals by the number of poles of the concerned permanent-magnetic motor along with the diameter of incore in a cross-section rectangle. And the hole for flux barrier prolonged in the core outer-diameter orientation from the both ends of this permanent magnet is